Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

FI 2002
ELECTROMAGNETISMO
Clase 13
Corriente Eléctrica-I

LUIS S. VARGAS
Area de Energía
Departamento de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Chile

INDICE

- Medios materiales en equilibrio electrostático
- El equilibrio dinámico de las corrientes
- Definición de corrientes
- Vector densidad de corriente
- Ley de Ohm

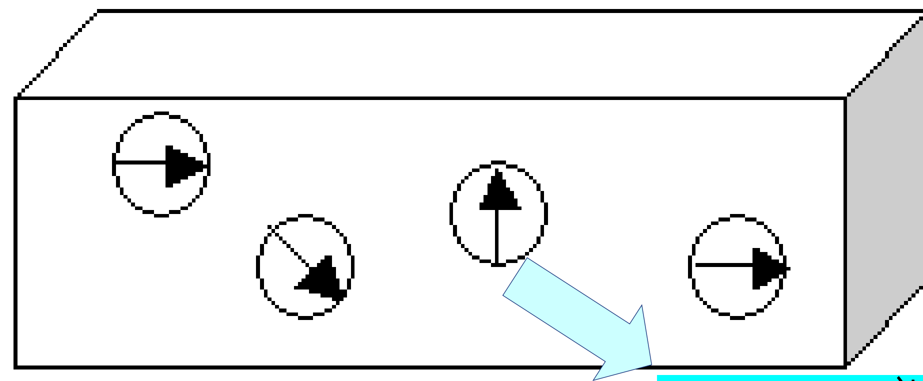
Oswaldo Guayasamin,
“Quito Sangriento”, 1966

Medios materiales en electrostática

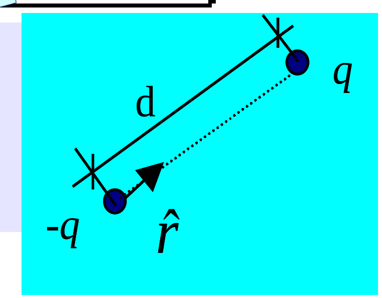
Dieléctricos

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$$

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E}$$



$$\vec{p} = q d \hat{r}$$



Los medios dieléctricos se componen de dipolos que pueden girar en torno a su posición de equilibrio, pero no se desplazan.

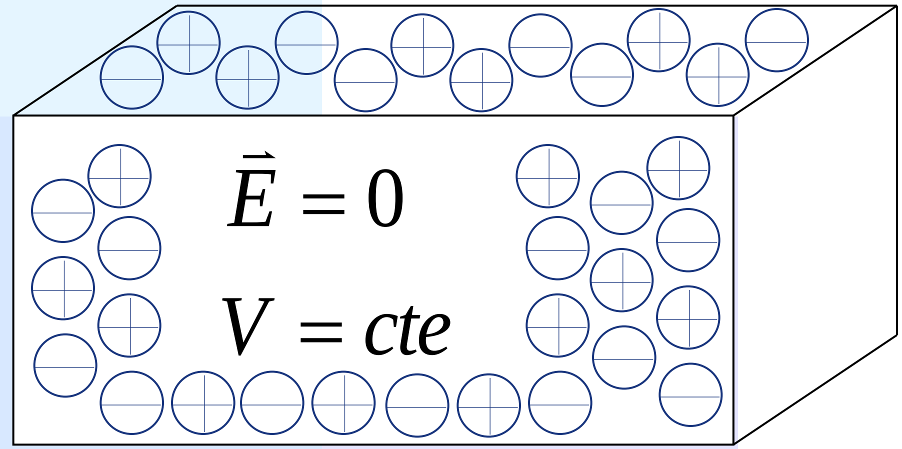
Medios materiales en electrostática

Conductores

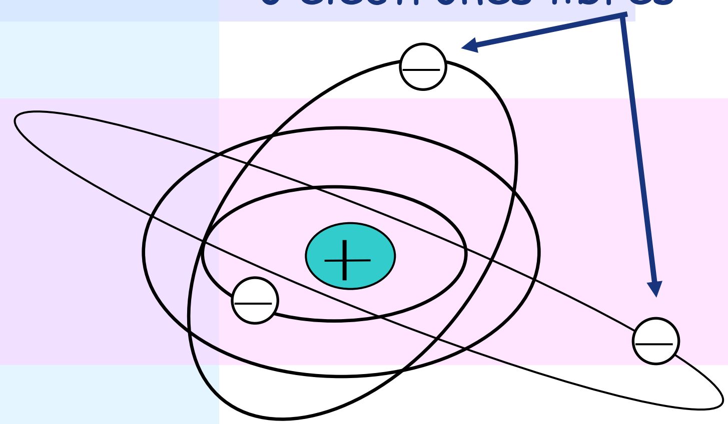
- Sólo tiene distribución superficial
- no hay polarización.

$$\vec{E} = 0$$

$$V = cte$$



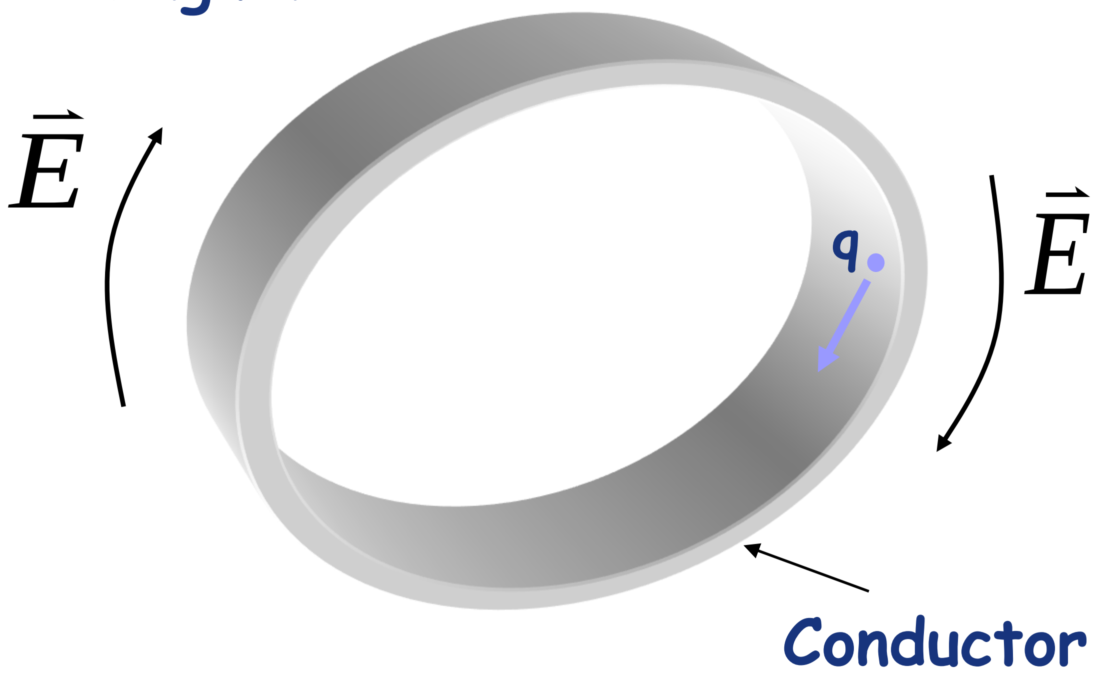
electrones de conducción
o electrones libres



Los conductores poseen abundantes cargas (positivas y negativas) que pueden moverse libremente en presencia de un campo eléctrico

Equilibrio Dinámico

Qué ocurre si $\vec{E}$ no se extingue?

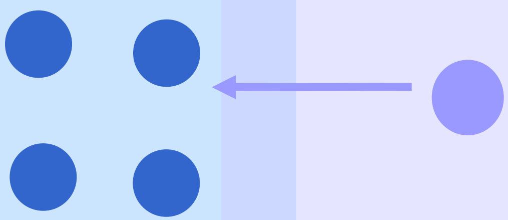


$$\left.\begin{aligned} \vec{F} &= q \bullet \vec{E} \\ m\vec{a} &= q \bullet \vec{E} \end{aligned}\right\} \Rightarrow$$

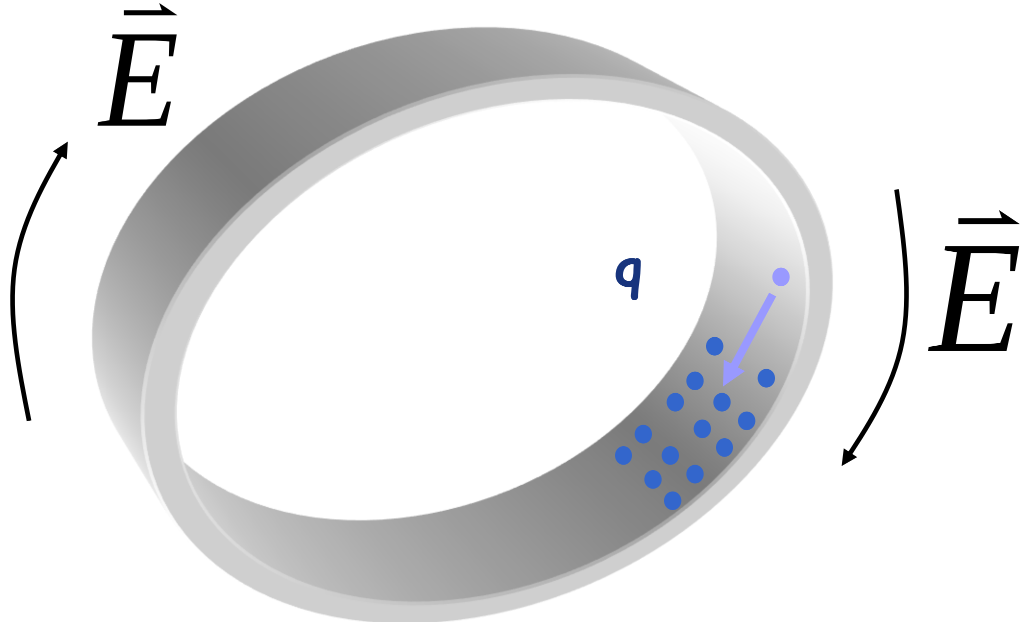
Si se mantiene campo las cargas se acelerarían indefinidamente

Equilibrio Dinámico

PERO: Existen colisiones entre las cargas y la estructura del medio material

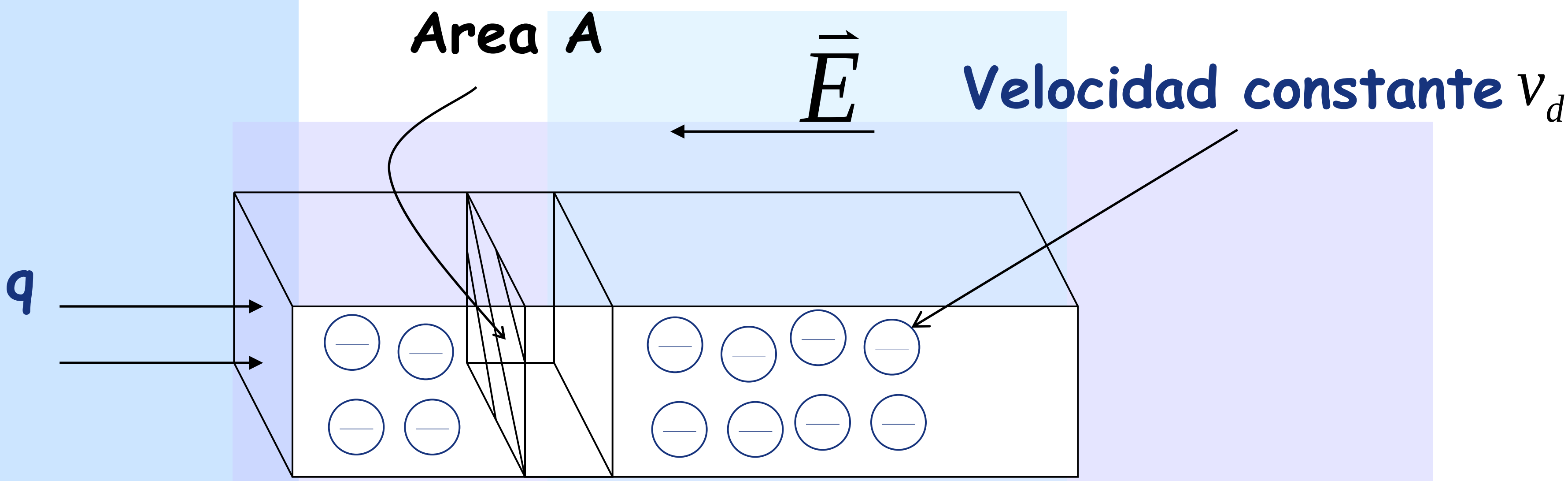


Colisiones



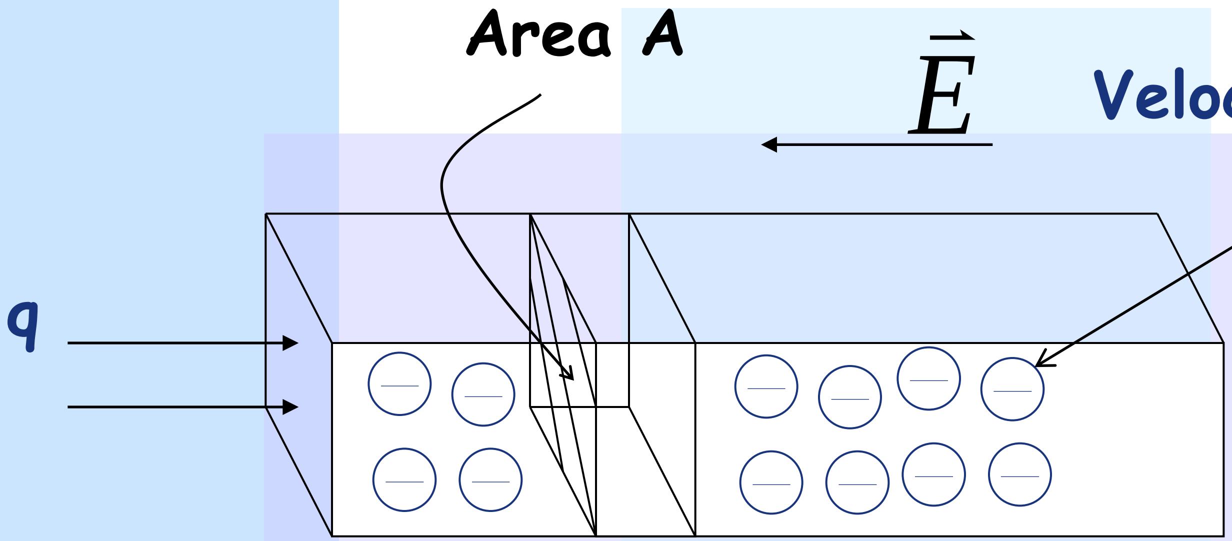
Equilibrio dinámico ⇒ Velocidad constante

Definición de Corriente



$$I = \frac{dQ}{dt}[C/seg] = [A]$$

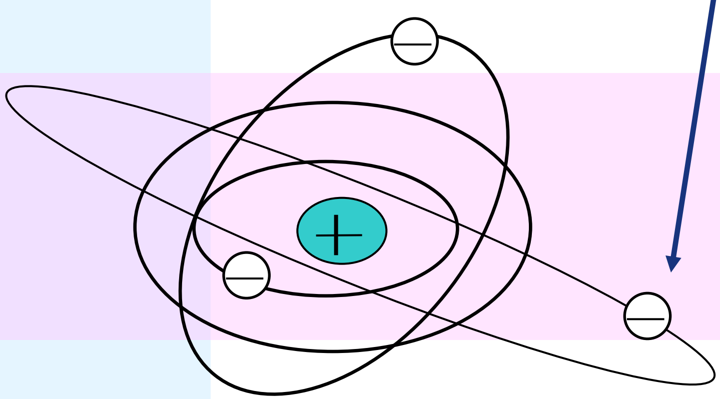
Definición de Corriente



Velocidad constante v_d

electrones de conducción o electrones libres

$$I = \frac{dQ}{dt}\left[C/seg\right] = [A]$$



n Nº de electrones de conducción o electrones libres por unidad de volumen

Definición de Corriente

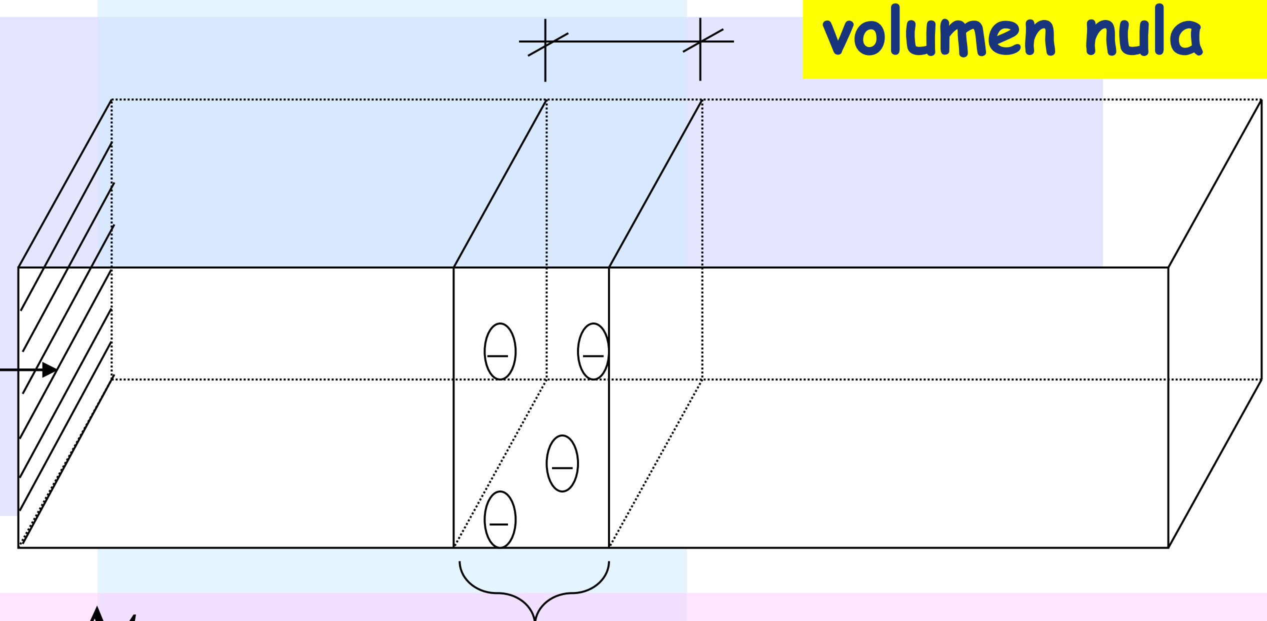
$$\Delta Q = qnV_{ol}$$

$$\Delta Q = qnAv_d\Delta t$$

$$\Delta x = v_d \Delta t$$

Carga neta por unidad de volumen nula

Area A



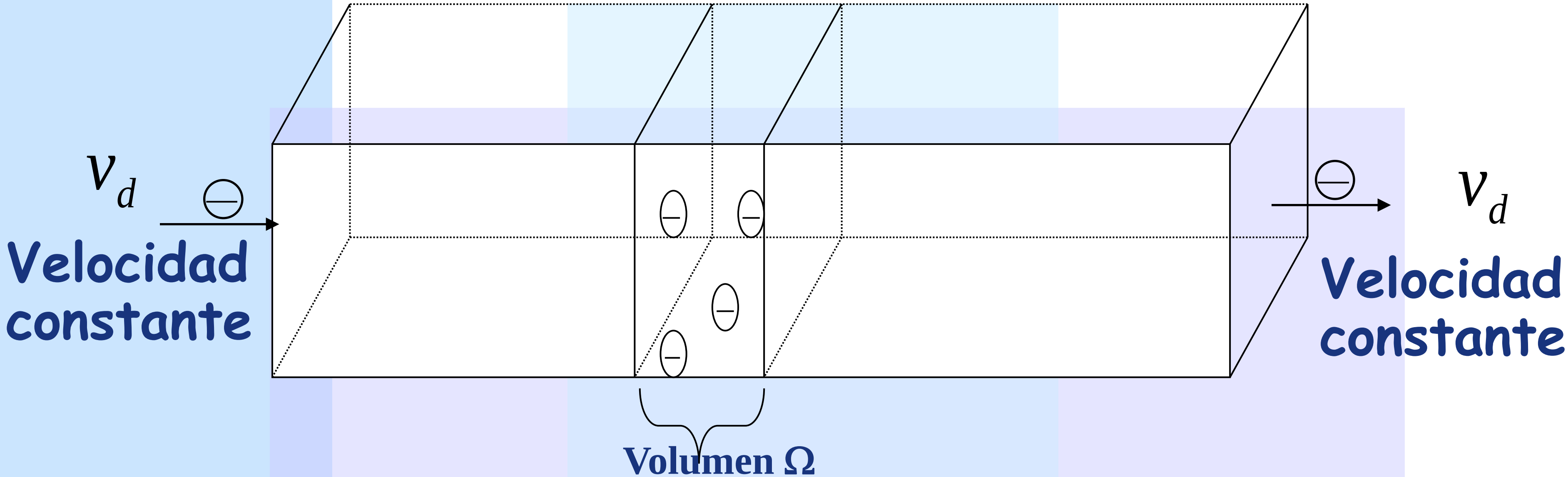
Volumen V_{ol}

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{qnAv_d\Delta t}{\Delta t}$$

$$\therefore I = qnAv_d\,[A] \quad (5.5)$$

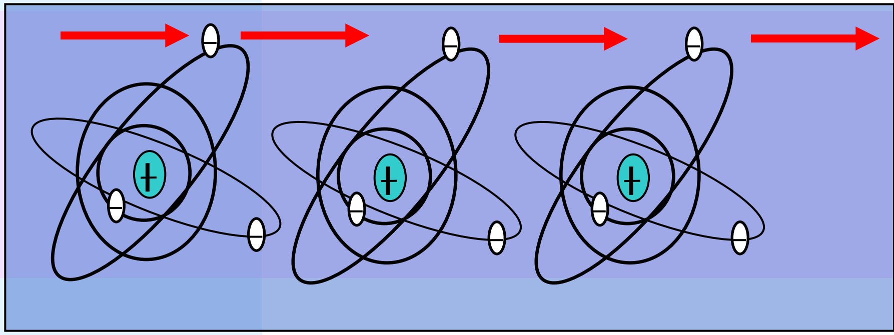
$$\Rightarrow I = -enAv_d\,[A]$$

Definición de Corriente

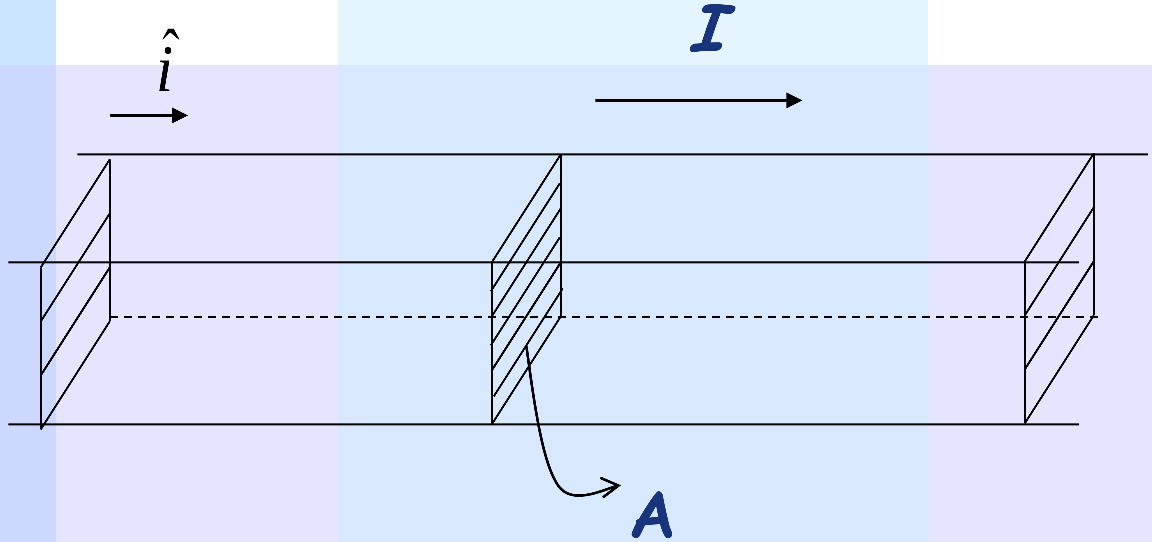


Carga neta por unidad de volumen nula

$$\iiint_{\Omega} \rho_e dv + \iiint_{\Omega} \rho_R dv = 0$$



Densidad de Corriente

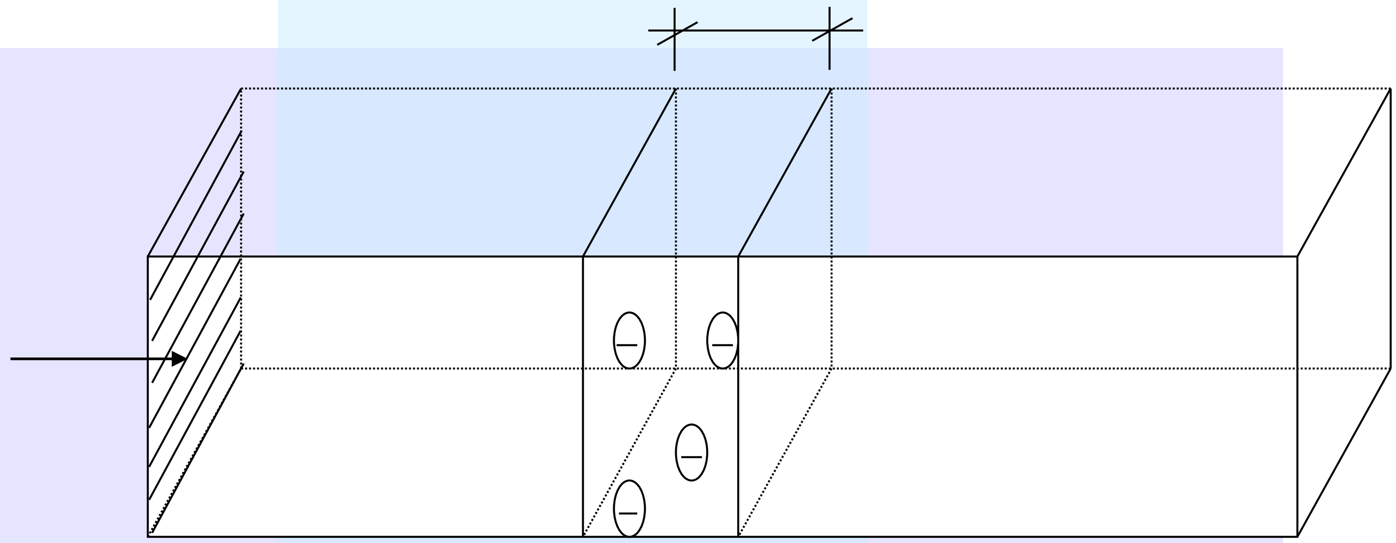


Vector densidad de corriente $\vec{J} = \dfrac{I}{A}\hat{i}\left[A/m^2\right]$

Densidad de Corriente

$$\Delta x = v_d \Delta t$$

Area A

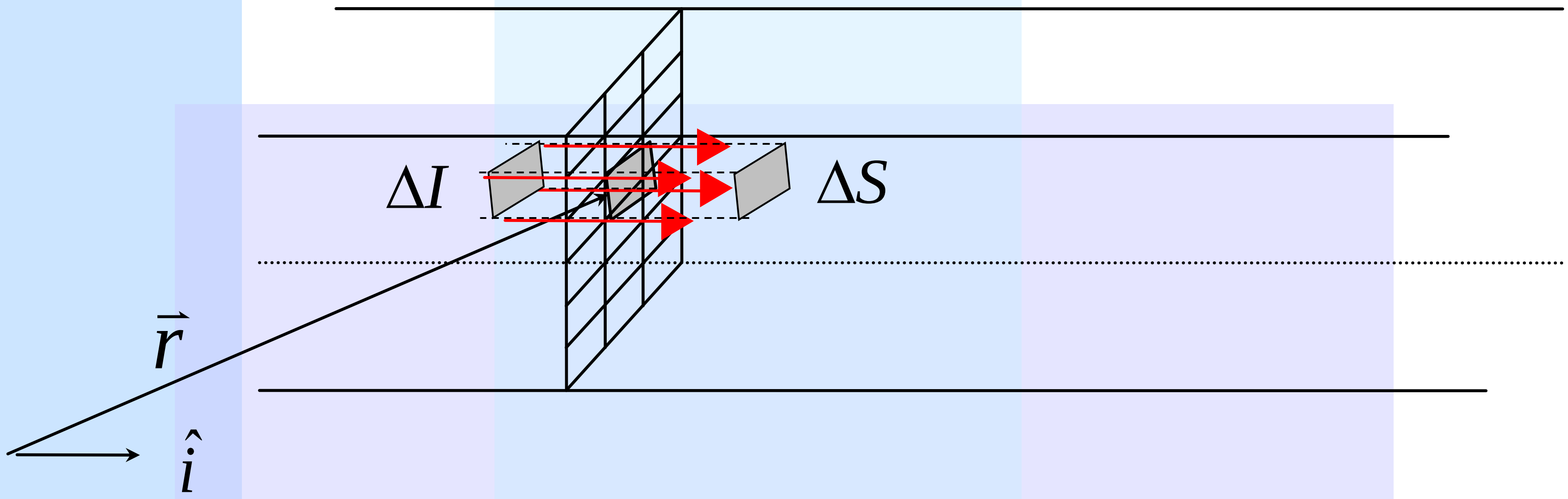


$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{qnAv_d \Delta t}{\Delta t}$$

$$I = qnAv_d \, [A]$$

$$\vec{J} = \frac{I}{A}\hat{i} = qnv_d \hat{i}$$

Densidad de Corriente



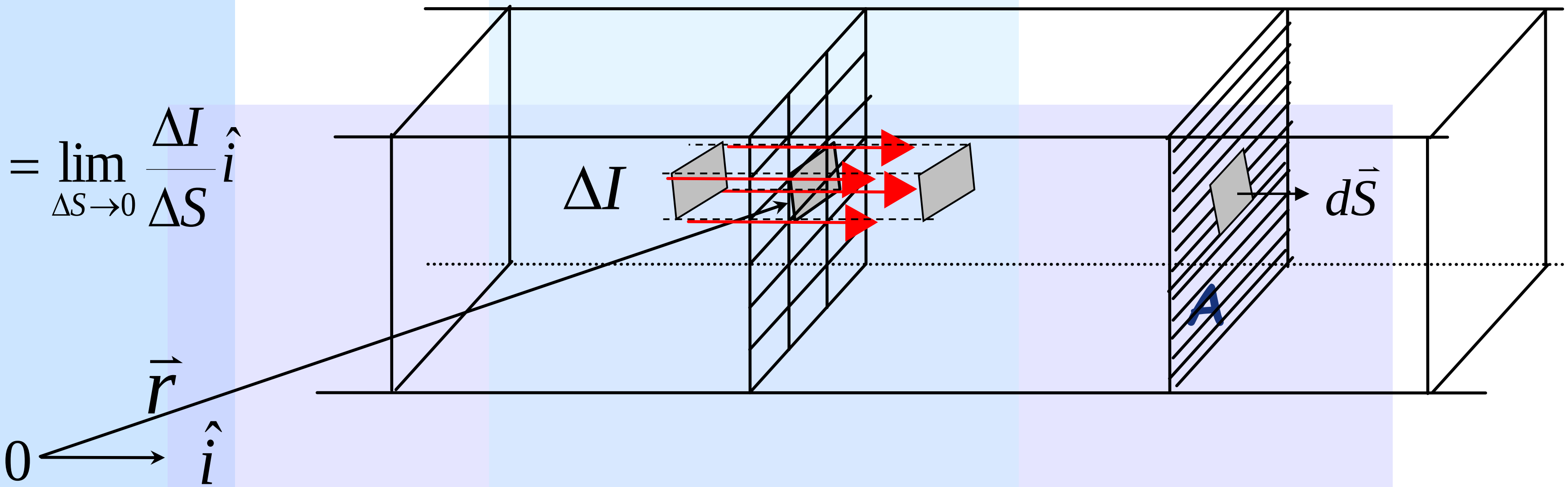
Vector densidad de corriente

$$\vec{J}(\vec{r}) = \lim_{\Delta S \to 0} \frac{\Delta I}{\Delta S} \hat{i}$$

$$\left[\vec{J}(\vec{r})\right] = \frac{A}{m^2}$$

Densidad de Corriente

$$\vec{J}(\vec{r}) = \lim_{\Delta S \to 0} \frac{\Delta I}{\Delta S} \hat{i}$$

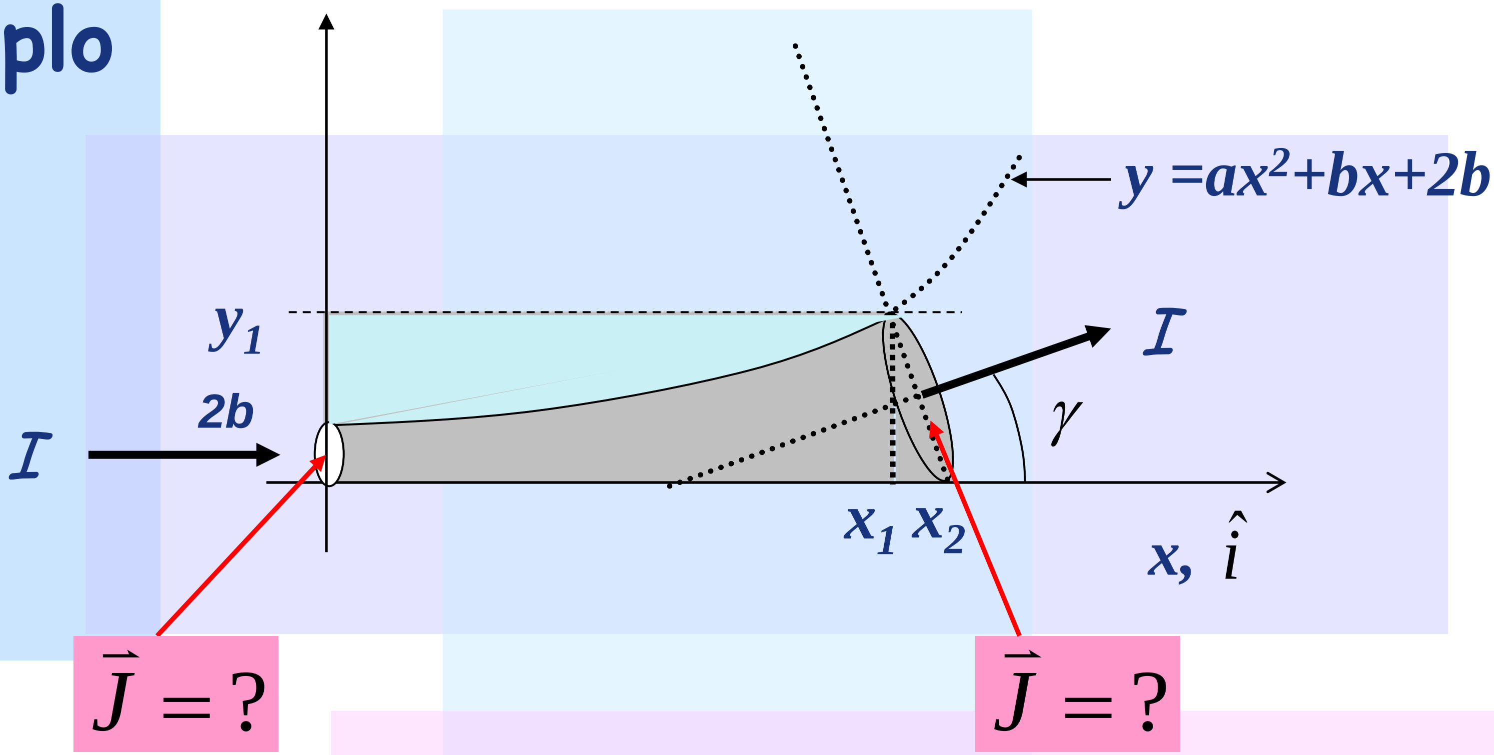


Corriente a través de A

$$I = \iint_A \vec{J} \cdot d\vec{S}$$

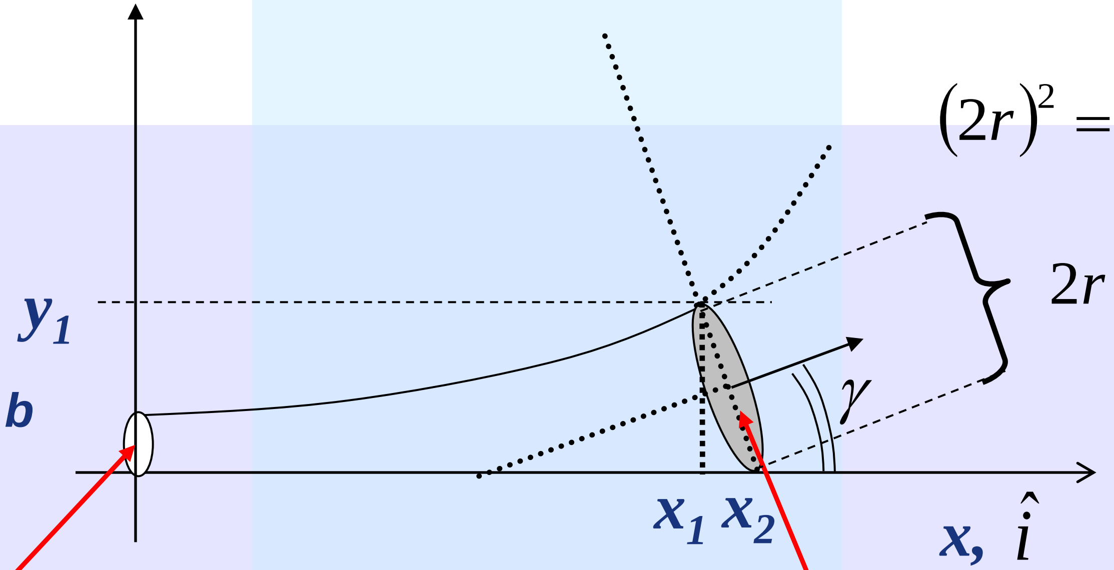
Densidad de Corriente

Ejemplo



Densidad de Corriente

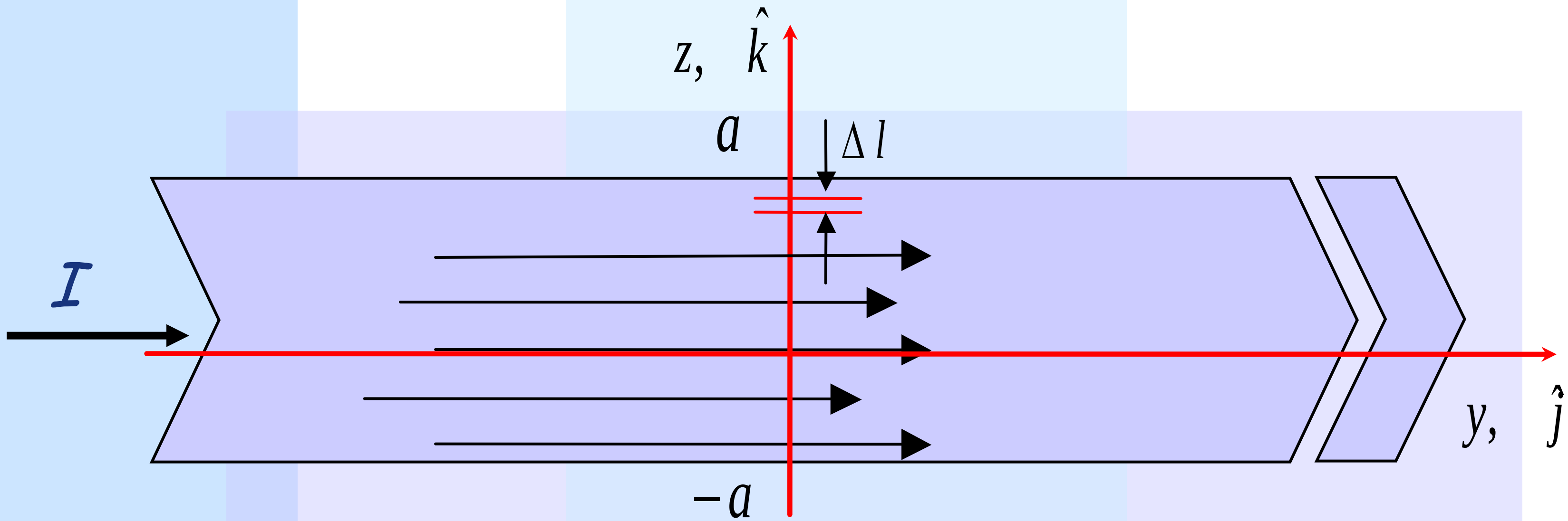
$$(2r)^2 = y_1^2 + (x_2 - x_1)^2$$



$$\vec{J} = \frac{I}{\pi b^2}\hat{i}$$

$$\vec{J} = \frac{I}{\pi r^2}(\cos\gamma\,\hat{i} + \sin\gamma\,\hat{j})$$

Densidad de Corriente Superficial



Sólo hay corriente en el plano *y-z*

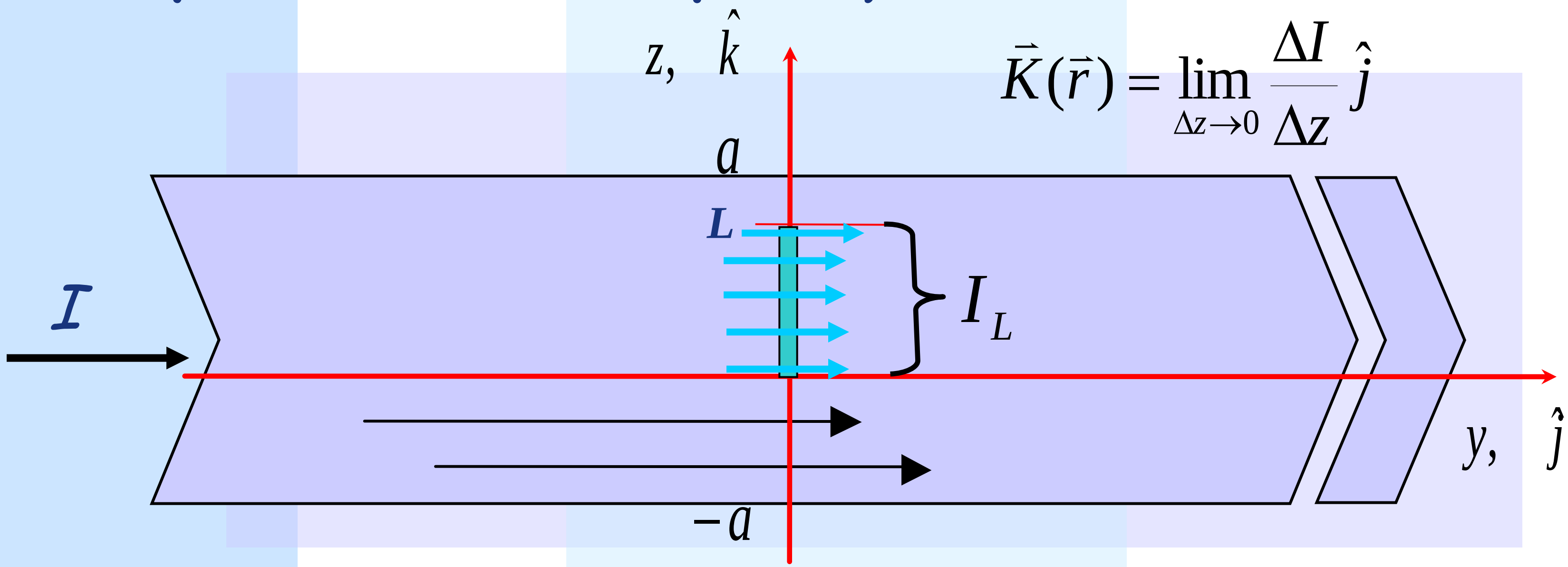
Vector densidad de corriente superficial

$$\vec{K}(\vec{r}) = \lim_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta I}{\Delta z}\,\hat{j}$$

$$\left[\vec{K}(\vec{r})\right] = \frac{A}{m}$$

Densidad de Corriente Superficial

Sólo hay corriente en el plano *y-z*



$$\vec{K}(\vec{r}) = \lim_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta I}{\Delta z} \hat{j}$$

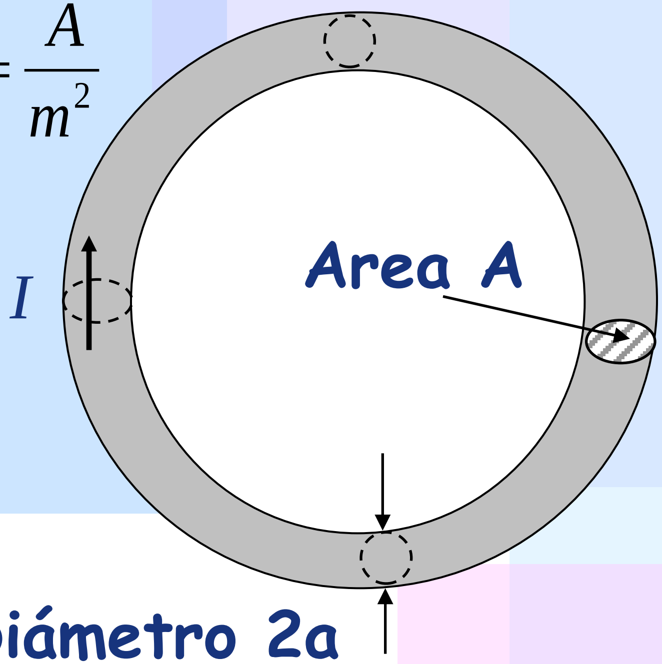
Corriente atravesando longitud L del plano

$$I_L = \int_0^L \vec{K} \bullet \hat{j} \, dl$$

Ejemplo

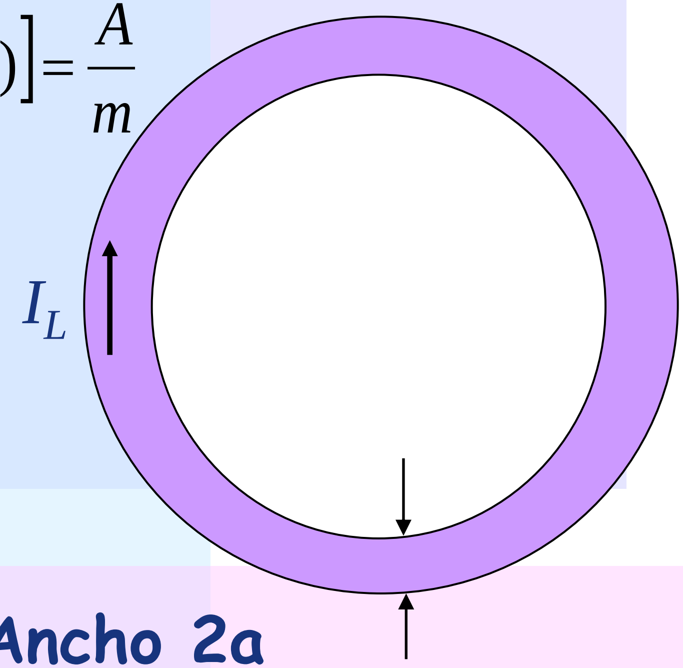
Corriente por un toroide de radio b

$$\left[\vec{J}(\vec{r})\right] = \frac{A}{m^2}$$



Corriente por una cinta de radio b

$$\left[\vec{K}(\vec{r})\right] = \frac{A}{m}$$

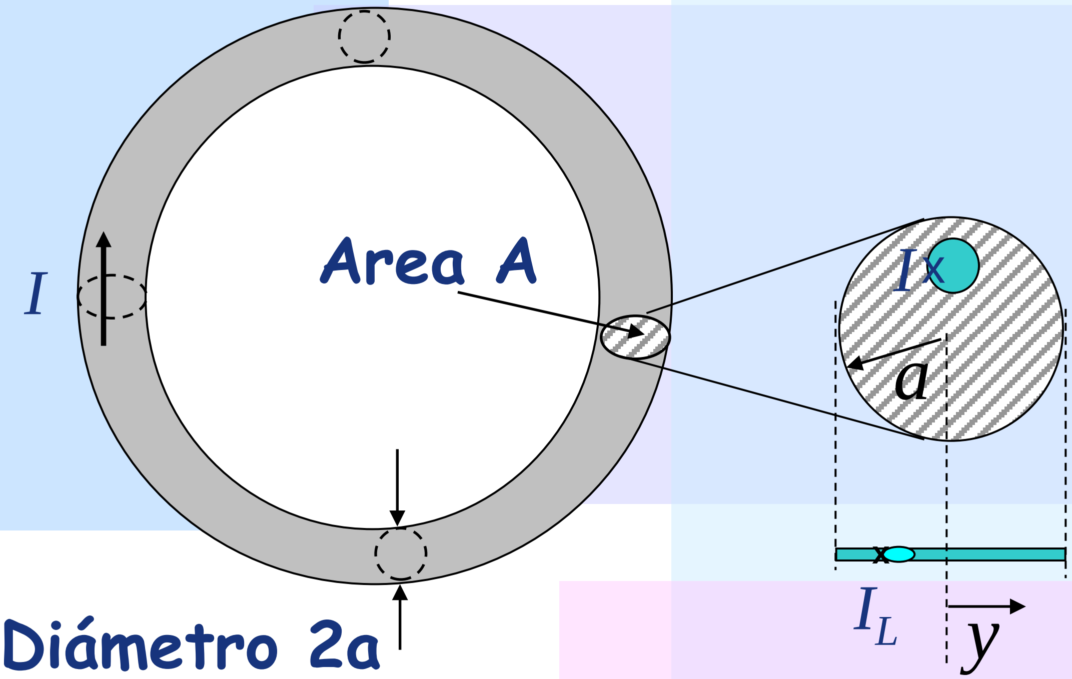


Encontrar K tal que cumple $I = I_L$

Ejemplo

Corriente atravesando plano A

$$I = \iint_A \vec{J} \cdot d\vec{S}$$



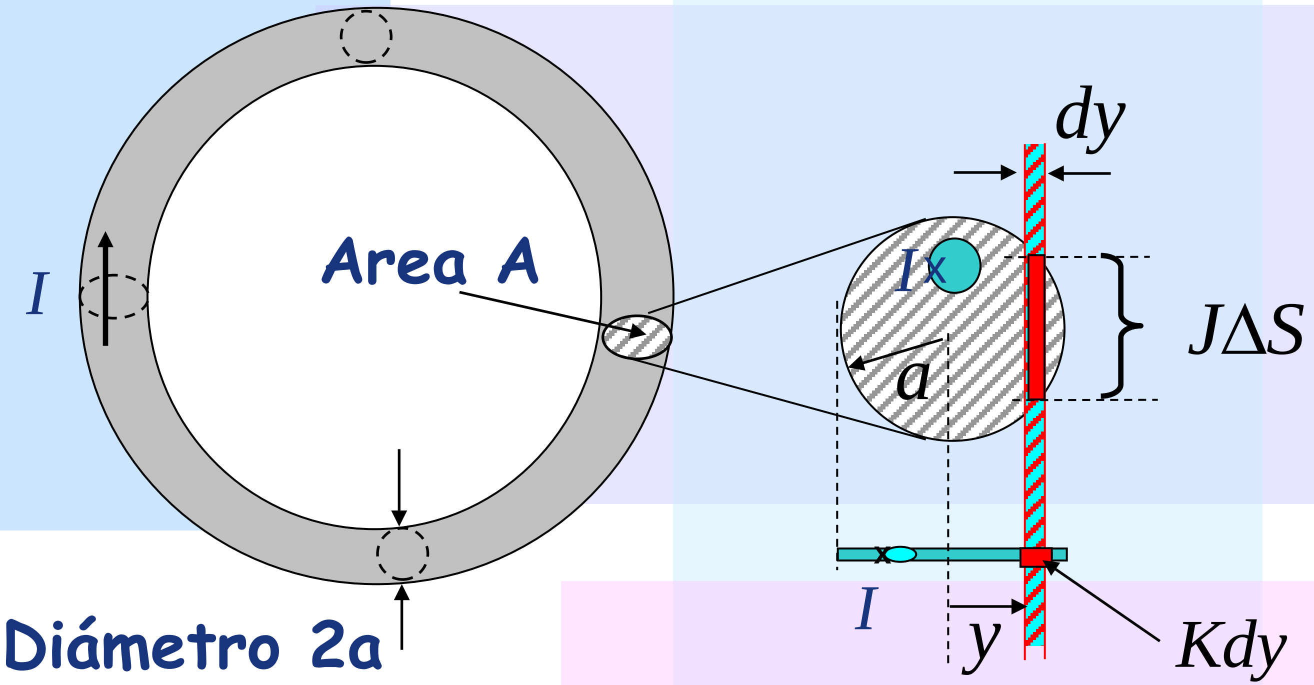
Diámetro 2a

Encontrar K tal que cumple $I = I_L$

Corriente atravesando línea 2a

$$I_L = 2\int_0^a \vec{K} \bullet \hat{j}\, dy$$

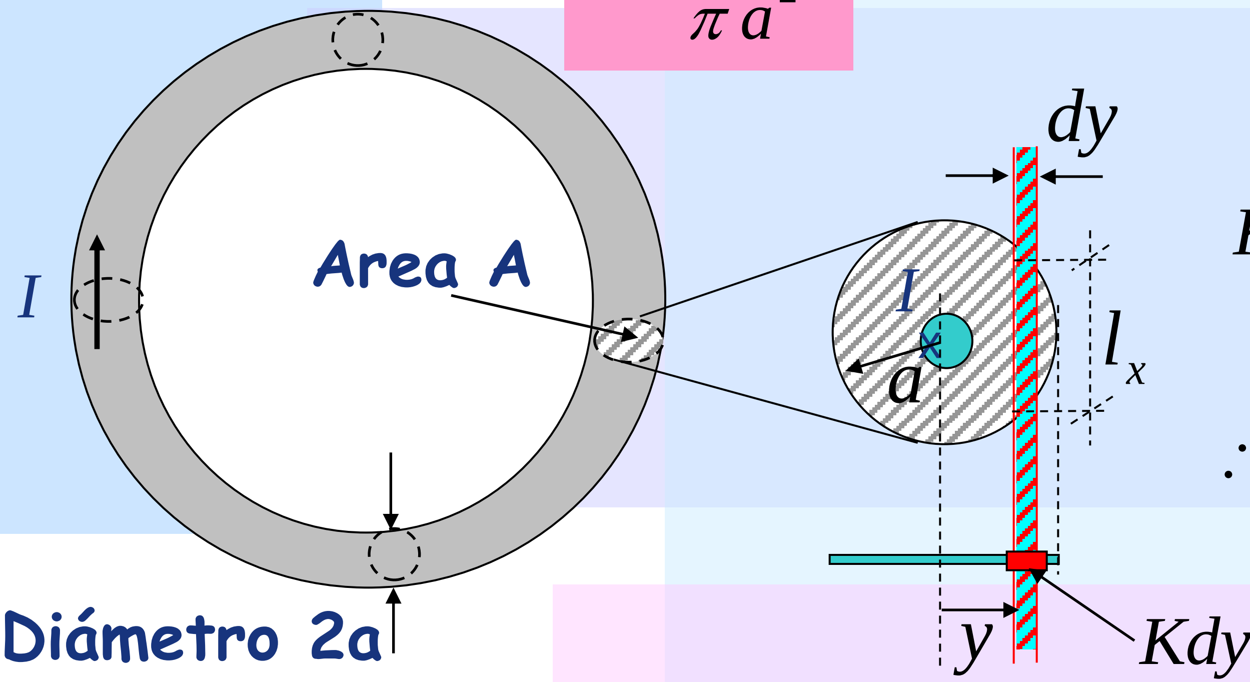
Ejemplo



Condición de equivalencia $Kdy = J\Delta S$

Ejemplo

$$\vec{J} = \frac{I}{\pi a^2}\hat{i}$$



$$Kdy = Jl_x dy$$

$$l_x = 2\sqrt{a^2 - y^2}$$

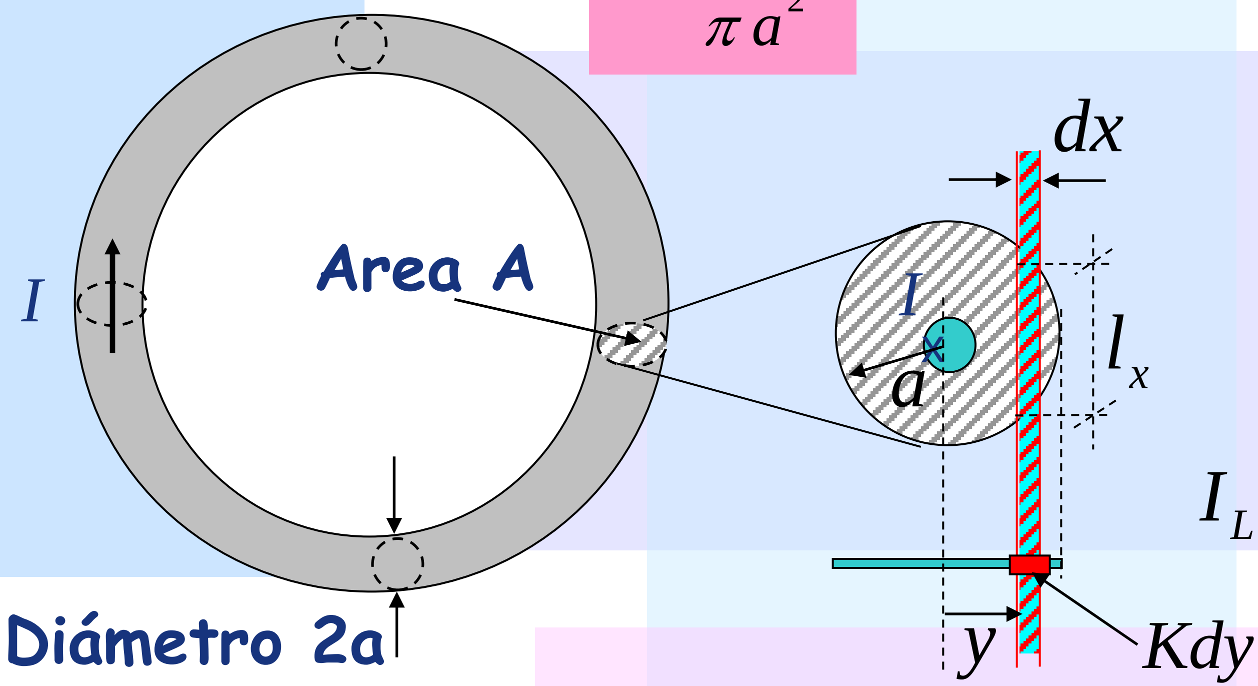
$$Kdy = \frac{I}{\pi a^2} 2\sqrt{a^2 - y^2}\, dy$$

$$\therefore \quad K = \frac{2I\sqrt{a^2 - y^2}}{\pi a^2}$$

Ejemplo

$$\vec{J} = \frac{I}{\pi a^2}\hat{i}$$

$$\vec{K} = \frac{2I\sqrt{a^2 - y^2}}{\pi a^2}\hat{j}$$

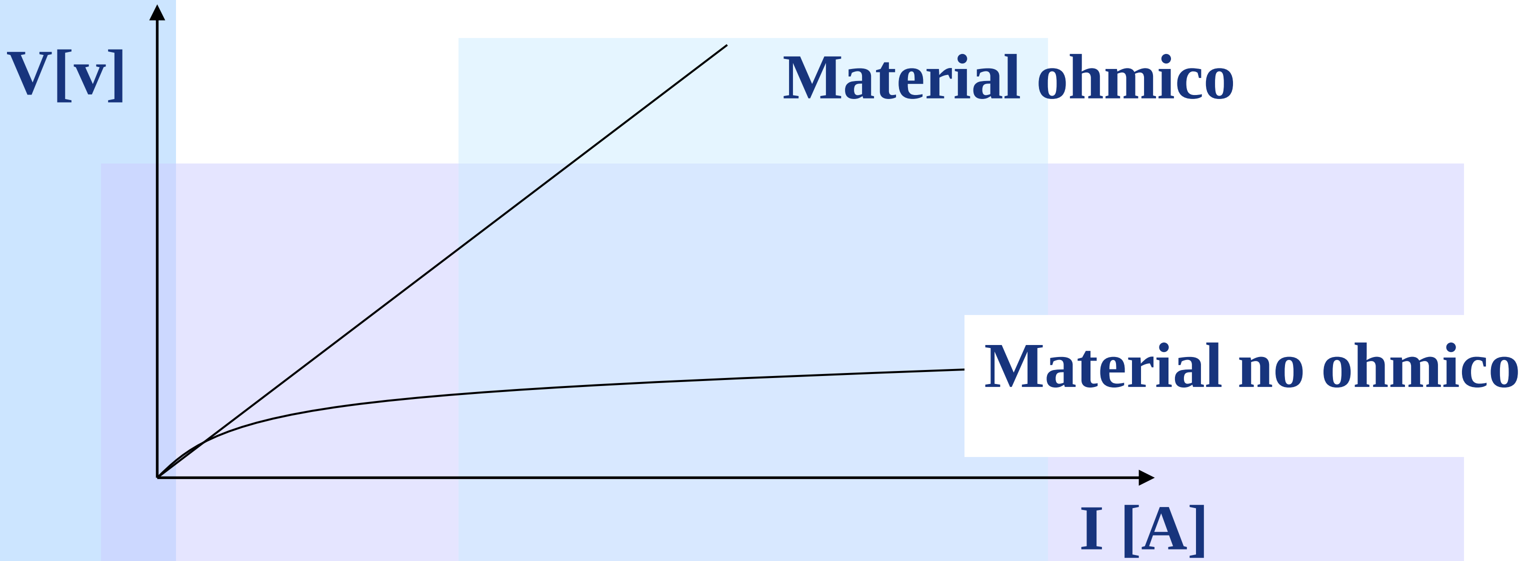


$$I_L = 2\int_0^a \vec{K} \bullet \hat{j}\, dy$$

$$I_L = \frac{4I}{\pi a^2}\int_0^a \sqrt{a^2 - y^2}\, dy$$

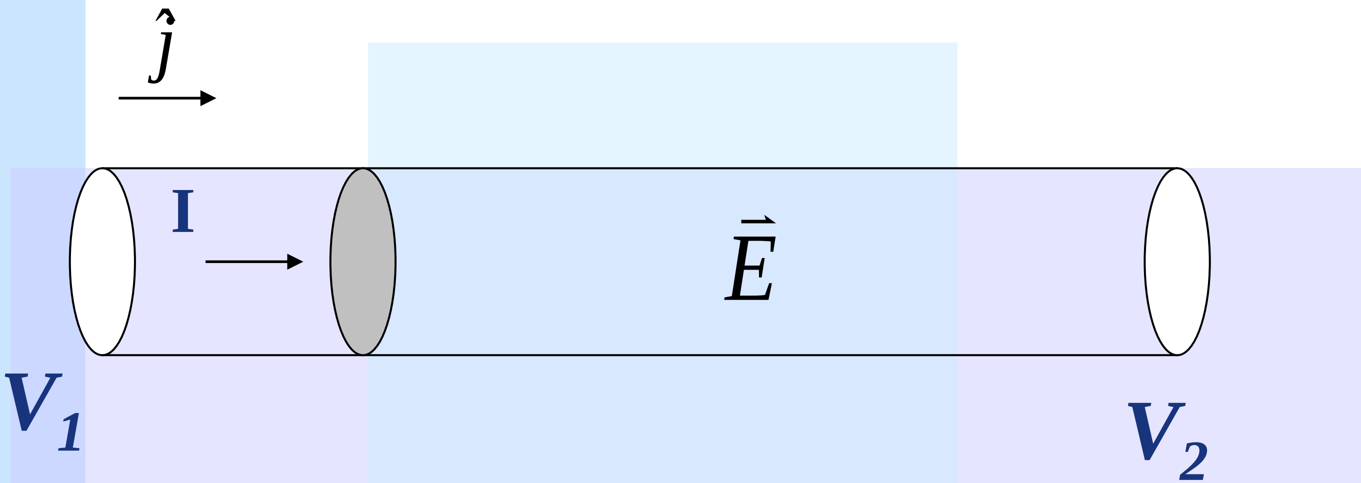
$$I_L = \frac{4I}{\pi a^2}\left[\frac{1}{2}y(a^2 - y^2)^{1/2} + \frac{a^2}{2}\arcsin(y/a)\right]_{y=0}^{y=a} \Rightarrow I_L = I$$

Ley de Ohm



$$\vec{J} = g\,\vec{E} \quad \Rightarrow \Delta V = RI$$

Ley de Ohm



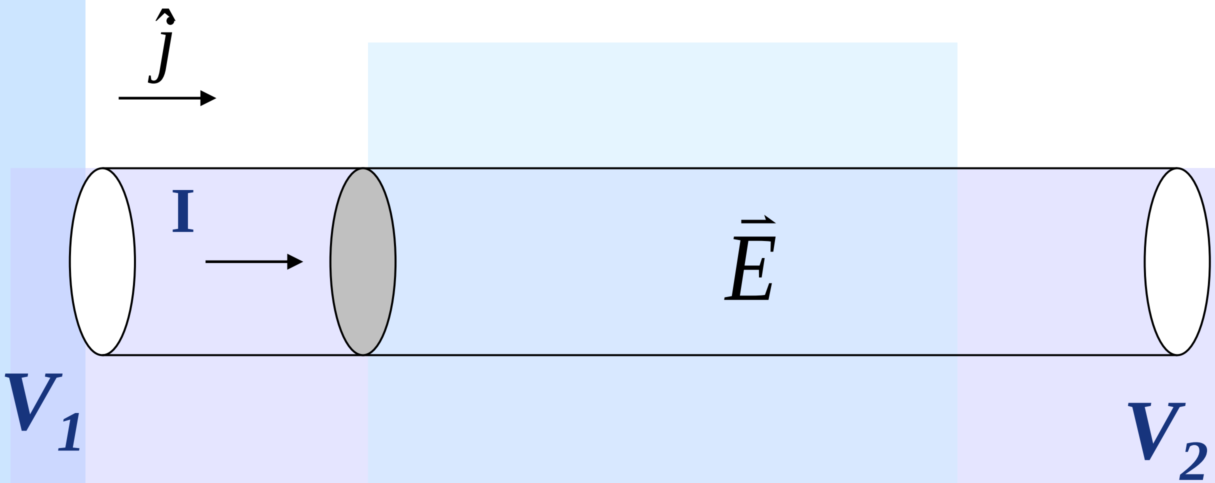
$$\Delta V = V_1 - V_2 = El$$

Ley de OHM $\boxed{\vec{J} = g\,\vec{E}}$

$$\Rightarrow \Delta V = \frac{J}{g} l = \frac{JA}{gA} l = \frac{l}{gA} I$$

$$R = \rho \times \frac{l}{A}$$

Ley de Ohm

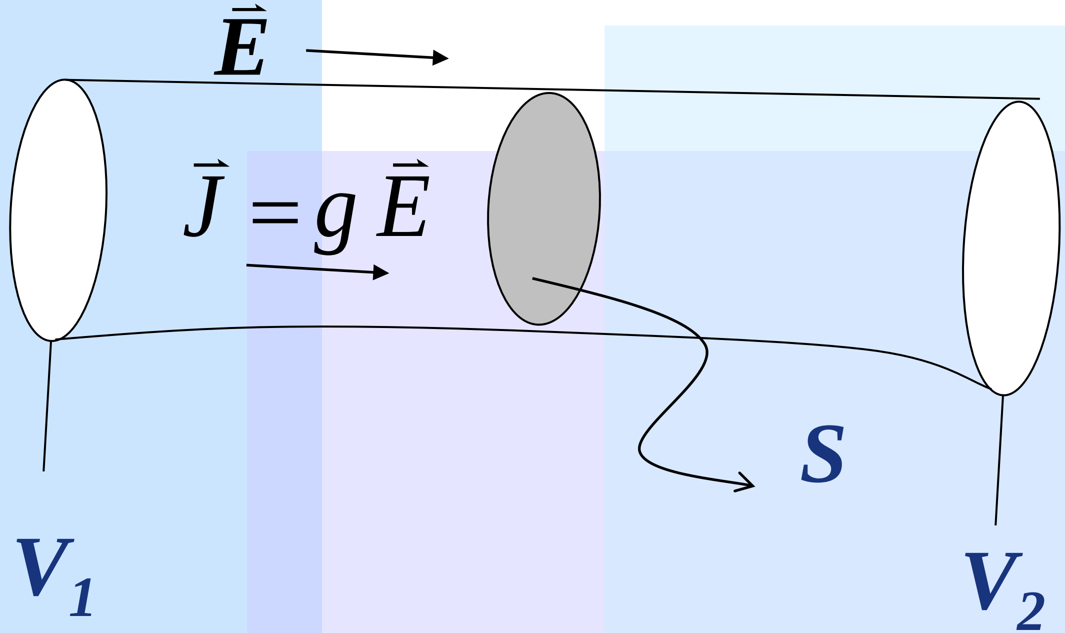


Ley de OHM $\boxed{\vec{J} = g\,\vec{E}}$ $\Rightarrow \Delta V = \dfrac{l}{gA} I$

Definiendo resistividad $\rho = \dfrac{1}{g}$

y resistencia $R = \rho \times \dfrac{l}{A}$ $\boxed{\Rightarrow \Delta V = RI}$

Ley de Ohm

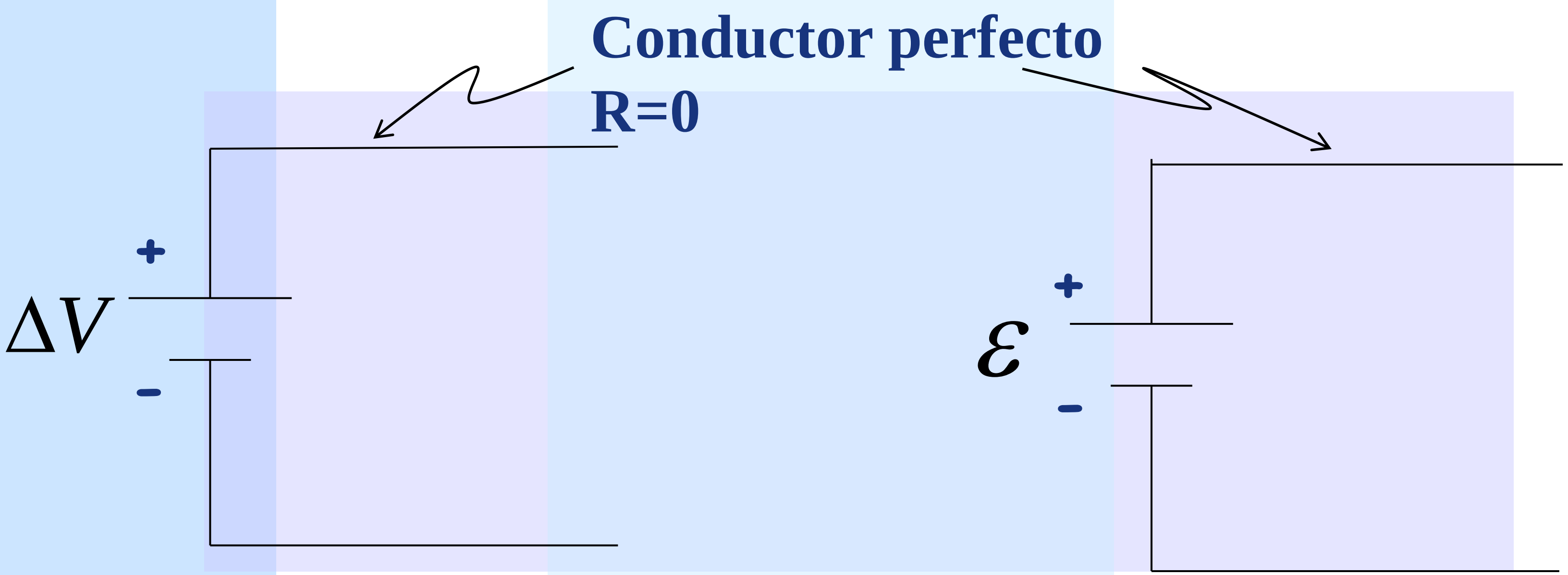


Ley de OHM

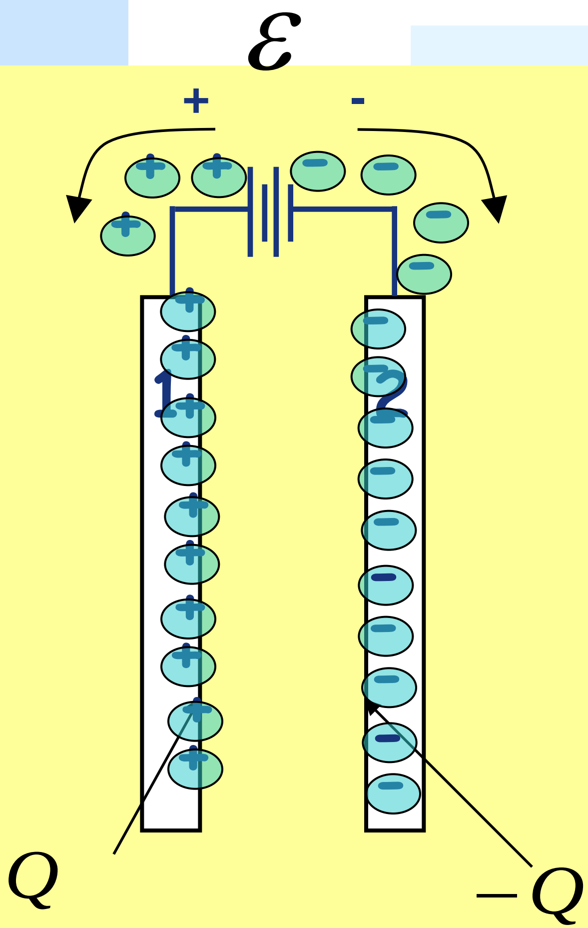
$$\Delta V = RI$$

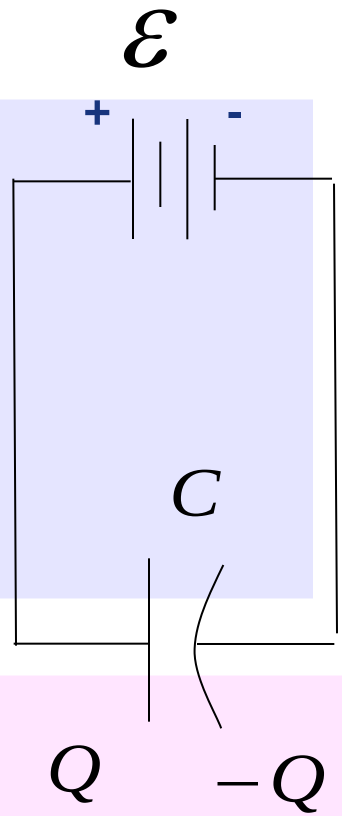
$$R = \frac{\int_1^2 \vec{E}\cdot d\vec{l}}{\iint_S g\,\vec{E}\cdot d\vec{S}}$$

Fuerza electromotriz



Fuerza electromotriz





Fuerza electromotriz